

EPECTELE MEDICO-BIOLOGICE ALE RADIAŢIILOR IONIZANTE

Mariana Gîncu – doctorand,
Centrul Național de Sănătate Publică
e-mail: mariana.gincu.cigolea@gmail.com

Rezumat

În lucrare sunt prezentate rezultatele analizei datelor bibliografice recente referitor la particularitățile stării de sănătate a participanților la diminuarea consecințelor accidentului nuclear de la Cernobîl. O problemă importantă expusă în articol constituie aspectul elucidării efectelor medico-biologice ale radiațiilor ionizante. Prezintă interes informația despre efectele somatice și efectele genetice ale radiațiilor ionizante, inclusiv la descendenții părinților, expuși la radiații ionizante. Un rol aparte în lucrare este dedicat caracteristicii ample a tipurilor de radiații ionizante naturale și artificiale.

Cuvinte-cheie: accident nuclear, Cernobîl, radiații, efecte medico-biologice

Summary

Medical-biological effects of ionizing radiation

The study presents results of analysis of recent literature data on the health peculiarities of participants to mitigate the consequences of Chernobyl disaster. An important aspect of the study is to elucidate the medical and biological effects of ionizing radiation. Presents significant interest information about the effects of somatic and genetic effects of ionizing radiation, including the offspring of parents exposed to ionizing radiation. A special role in this work is dedicated to extensive types feature of natural and artificial ionizing radiation.

Key words: nuclear accident, Chernobyl, radiation, medical-biological effects

Резюме**Медико-биологические эффекты ионизирующего излучения**

В статье представлены результаты анализа последних научных публикаций относительно особенностей здоровья участников ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС. Важным аспектом статьи является характеристика медико-биологического действия ионизирующего излучения. Представляет интерес информация о соматических и генетических последствиях ионизирующих излучений, в том числе у потомства родителей, подвергнувшихся воздействию ионизирующего излучения. Особое внимание в этой работе уделено характеристике естественного и искусственного ионизирующего излучения.

Ключевые слова: ядерная авария, Чернобыль, радиация, медико-биологические эффекты

Introducere. Republica Moldova de rând cu alte țări a fost afectată de consecințele Accidentului Nuclear de la Cernobîl (ANC) din 26 aprilie 1986, prin iradierea populației în întregime, dar, mai cu seamă, au fost afectați participanții la lucrările de reparare și conservare a reactorului nuclear. Asupra impactului accidentului nuclear s-au expus mulți cercetători din țară și de peste hotare: Bahnarel I., Coretchi L., Moldovan M., Tintiuc D., Margine L., Алексанин С.С., Астафьев О.А., Макарова Н.В. etc. [1, 5, 9, 11, 17].

Deși asupra incidentului au fost efectuate diferite studii, rămân necercetate mecanismele citogenetice ale reacției de răspuns la acțiunea radiațiilor ionizante cu evaluarea efectelor citogenetice – markeri ai radiațiilor ionizante (cromozomi dicentrici, inele și rupturi de cromozomi) la descendenții participanților la diminuarea consecințelor accidentului nuclear de la Cernobîl. Plus la aceasta sunt necesare cercetări ce țin de studierea în dinamică a particularităților stării de sănătate a grupurilor de risc, expuse radiațiilor ionizante.

Anul 2017 este al 31-lea an de la producerea Accidentului Nuclear de la Cernobîl, considerat cea mai mare catastrofă din istoria energiei nucleare, care până în prezent alarmează opinia publică. Catastrofa dată este considerată ca fiind un accident de nivelul 7 faptului reactorului de fuziune, ceea ce presupune cercetări pe un termen de zeci de ani. Impactul radiațiilor ionizante asupra populației are acțiune multi-componentă și prelungită, inclusiv în combinație cu o varietate de factori sociali, de origine psihologică și populațională. Estimarea factorilor de risc și acțiunea lor asupra sănătății populației, pe primul loc situează radiația ionizantă, considerată una dintre problemele prioritare ale sănătății publice [6, 8].

Ca urmare a ANC, au avut de pătimit o mare parte din populație, în rezultatul declanșării schimbărilor atât în mediul ambiant, cât și în cadrul interrelațiilor „Omul-natura”, cauzând schimbări semnificative la nivel socio-economic, politic, psihologic și medical.

Conform datelor oficiale din primii ani după accident, numărul total de persoane, afectate de acțiunea radiației ionizante depășea cifra de o sută de mii. Consecințele teribilului accident au invadat soarta a mai mult de 20 milioane de oameni cu sediul de trai pe te-

ritoriile fostei URSS și din Europa, precum: personalul Centralei atomo-electrice, pompierii și participanții la lucrările de reparare a reactorului, a populației din zonele adiacente contaminate. Aceste consecințe au fost înregistrate și pe teritoriul Republicii Moldova. Circa 3500 de persoane au participat la lucrările de diminuare a consecințelor ANC, reprezentați de militari, aflați în serviciul militar și în rezervă, la care până în prezent persistă diminuarea stării lor de sănătate. Dezastrul a cauzat pagube semnificative asupra mediului ambiant, nu a lăsat neatins și domeniile socio-economice, politice, psihologice și medicale [9, 10, 12].

Numeroase cercetări de-a lungul ultimilor ani în medicina contemporană din întreaga lume, orientate asupra diminuării și înlăturării consecințelor acțiunii radiațiilor ionizante prin observarea pe termen lung de câțiva zeci de ani a stării de sănătate a participanților la diminuarea consecințelor Accidentului Nuclear de la Cernobîl și întreaga populație, devine o problemă de sănătate publică. Monitorizarea stării de sănătate a populației și participanților la diminuarea consecințelor Accidentului Nuclear de la Cernobîl din anii 1986-1990, se realizează nu numai prin evidențierea indicatorilor de morbiditate și mortalitate, dar și prin urmărirea în dinamică a evoluției acestor indicatori [1, 4]. În scopul de a avea o viziune amplă asupra problemei indicate au fost analizate 30 surse bibliografice colectate din internet (Pubmed), bibliotecile USMF „N. Testemițanu” și a CNSP.

Efectele medico-biologice ale radiațiilor ionizante

Radiația reprezintă energia emisă de o sursă și transmisă prin spațiu sub formă de unde sau particule [5, 15, 16]. Radiațiile ionizante sunt acele radiații, care au capacitatea de a ioniza materia cu care interacționează. Apariția radiațiilor ionizante se datorează doar surselor de radiații, care le emană în atmosferă. Aceste surse de radiații ionizante sunt grupate în două categorii mari:

1. *Surse naturale* care nu sunt altceva decât materiale radioactive existente în mod natural în mediul ambiant;

2. *Surse artificiale* sau altfel spus materiale radioactive produse artificial sau generatoarele de radiații, dispozitive capabile să genereze radiații ionizante, cum ar fi razele X, neutronii, electronii sau alte particule încărcate.

A fost demonstrat, că în mare parte radiațiile își au originea în mediul natural și constituie fondul natural de radiații. Populația este mereu expusă la următoarele radiații ionizante naturale, cum ar fi: radiația cosmică, radiația terestră, radon, radiația naturală din interiorul organismului [2, 5-8, 10, 11, 13, 15-17].

Sursele artificiale de radiații ionizante, la care poate fi expus omul, provin din:

- Expunerea medicală – investigațiile de radiodiagnostic, terapia cu radiații ionizante, procedurile intervenționale, unde sunt supuși iradierii persoanele, care necesită tratament medical radiologic. Expunerea medicală reprezintă una dintre cele mai importante surse artificiale de expunere la radiații a populației prin utilizarea radiației în medicină contemporană.
- Expunerea la alte surse parvenite în urma activității umane, cum ar fi: testarea armamentului nuclear în atmosferă, producerea energiei electrice, utilizarea industrială a radiațiilor, transportul și depozitarea materialelor nucleare etc.

Majoritatea consecințelor accidentului de la Cernobîl asupra sănătății umane sunt corelate efectelor radiației electromagnetice ionizante. La moment se cunosc principalele tipuri de radiații ionizante, capabile de ionizarea atomilor: radiațiile *alfa*, radiațiile *beta*, radiațiile *gamma*, razele X și neutronii. Impactul acestui tip de energie la nivelul țesuturilor este legat de transferul de energie către diverse structuri celulare. Toate aceste radiații acționează asupra organismului uman prin expunerea externă și expunerea internă.

Populația este expusă permanent la radiațiile din mediul ambiant. Acestea au acțiune asupra organismului nostru prin efectele biologice pe care le produc. Consecințele medicale ale expunerii la radiații ionizante sunt diverse și, totodată, sunt foarte complicate conform tipului de acțiune a lor.

Mecanismele de acțiune a radiațiilor ionizante asupra celulelor pot fi clasificate în două grupuri. Astfel deosebim acțiune directă, când radiația interacționează direct cu una din componentele critice

ale celulei, dezvoltând microleziuni directe asupra structurii celulei, și acțiune indirectă – datorată inducției unor radicali liberi și ioni cu reactivitate chimică mare, apăruți în rezultatul interacțiunii radiațiilor cu apa din organism. Concomitent, deosebim și așa numita acțiune la distanță, care conduce la apariția efectelor în celulele, care nu au fost supuse iradierii. Aceste efecte au fost studiate la nivelul celulei și la nivelul ADN nuclear – principala țintă a radiațiilor ionizante. Dacă rata de afectare a ADN și leziunile acestuia sunt reduse, atunci efectele la nivel celular sunt compensate prin funcții specifice de regenerare. Afectarea permanentă a ADN celular poate conduce la moartea celulei, apariția mutațiilor și transformări maligne [2, 5-8, 10, 11, 13, 15-17].

Consecințele expunerii la radiații ionizante asupra materiei vii sunt dependente de tipul de țesut, de natura radiației și de cantitatea absorbită. Din acest ultim punct de vedere, efectele la nivel celular pot fi deterministice (efecte acute, gravitatea afecțiunii este dependentă de doză) și stocastice (efecte tardive, frecvența apariției corelează cu cantitatea totală absorbită de radiații). Pentru a cuantifica riscul biologic global de iradiere, se folosește o unitate de măsură numită Sievert, care exprimă doza medie absorbită de diferite țesuturi ale corpului uman. Aceasta poate fi calculată ținând cont atât de coeficienții de absorbție ai diferitelor structuri histologice, cât și de specificul de iradiere al fiecărui tip de radiație ionizantă (*alfa*, *beta* etc.). Doza de radiație a fondului natural se situează în jurul valorii de 2,5 mSv/an, constituind aproximativ 80% din doza efectivă medie totală primită de om. Alte doze de iradiere provin de la sursele artificiale de radiații ionizante [2, 5-8, 10, 11, 13, 15-17].

Efectele biologice ale radiațiilor ionizante asupra organismului uman pot fi structurate în efecte somatice și genetice (tabelul 1).

Efecte genetice au caracter aleatoriu, sunt consecințe clinice tardive, manifestate la prima și următoarele generații, atingând echilibrul la a 20-a generație a participanților la diminuarea consecințelor accidentului nuclear de la Cernobîl.

O multitudine de studii au demonstrat, că aberațiile cromozomiale pot fi întâlnite în celulele gameților cu material ereditar afectat, provocând alterări cromozomiale, care constau în formarea translocațiilor, rup-

Tabelul 1

Efectele biologice ale radiațiilor ionizante

<i>Efecte somatice</i>		<i>Efecte genetice</i>	
Deterministe		Stocastice	
		Prima generație	
		Generațiile ulterioare	
Precoce (eritem, leucopenie, epilatie etc.)	Tardive (cancer de piele, osteosarcom etc.)	Precoce (tulburări neuro-vegetative)	Tardive (leucemie, cancer tiroidian etc.)
		Malformații ereditare și congenitale, reducerea natalității etc.	Malformații recesive, sistemul imun diminuat etc.

turilor, pierderea sau adiția unui cromozom la aparatul cromozomial normal de care depinde creșterea în viitor a celulelor și chiar viabilitatea embrionului format.

Mutațiile genetice sunt considerate modificări ale informației genetice. Acestea pot fi letale – posibilitatea de existență a purtătorilor de astfel de gene este redusă și neletale, care produc număr mare de anomalii genetice la generațiile următoare. Cercetările genetice au evidențiat, că există o relație liniară între doză și efectul mutagen, deci nu intervine nici un proces reparativ. Totuși, orice doză cât de mică, primită de țesutul germinal, produce efecte mutagene, care au efect de depozitare, existând probabilitatea ca o celulă germinală purtătoare a mutației să participe efectiv la fecundație, dezvoltând malformații de diferit gen.

Efectele genetice, produse de radiațiile ionizante la prima generație constituie: reducerea natalității, prezența malformațiilor congenitale și ereditare, iar la următoarele generații se constată afectarea fondului genetic al populației, malformațiile recesive și diminuarea capacității imunobiologice. Dozele mari de radiații ionizante sunt utilizate la calcularea riscului genetic individual, în timp ce la doze mici efectul se estimează asupra populației generale, generând modificări la nivelul structurii genetice a grupurilor populaționale.

Dacă e să ne referim la consecințele medicale ale accidentului nuclear de la Cernobîl, elucidate în toate studiile la capitolul respectiv, până în prezent, efectele date nu pot fi minimalizate și înglobate într-o opinie comună a cercetătorilor în privința impactului dat asupra stării de sănătate a populației. Morbiditatea și mortalitatea prin cancer sau malformații congenitale sunt în ascensiune [5-8, 11, 13, 15-17].

Concluzii:

1. Analiza surselor bibliografice constată, că în cercetările efectuate până la ora actuală nu sunt pe deplin elucidate mecanismele efectelor medico-biologice ale radiațiilor ionizante asupra stării de sănătate a participanților la diminuarea consecințelor Accidentului Nuclear de la Cernobîl și a descendenților acestora.

2. În opinia noastră este foarte importantă realizarea unor studii privind particularitățile interacțiunii genomului uman cu factorii stresogeni, inclusiv radiațiile ionizante, cât și în prezentarea măsurilor valoroase de diminuare a riscului expunerii la factorul radiostresogen.

3. În vederea elaborării unor politici de sănătate privind diminuarea influenței factorului radiostresogen asupra sănătății, este necesară o estimare a stării de sănătate a descendenților participanților la diminuarea consecințelor Accidentului Nuclear de la Cernobîl de prima și a doua generație, prin aspecte clinice, citogenetice și imunologice.

Bibliografie:

1. Bahnarel I., Coretchi L., Moldovan M. *Efectele medico-biologice ale accidentului nuclear de la Cernobîl*, Buletinul Academiei de Științe a Moldovei, Științe Medicale, 2006; 3(7): 151-159.
2. Bahnarel I. *Estimarea riscului asociat iradierii populației Republicii Moldova și posibilități de reducere a impactului pe sănătate*. Autoreferatul tezei de doctor habilitat în medicină, Chișinău, 2010, 41 p.
3. Burkhardt R., Dan T., Bogdan L. *Ce este necesar să știm despre radiațiile ionizante și efectele lor asupra omului*. Ghid de educație pentru sănătatea populației, Ediția 1, 2016; 30:10-17.
4. Cucu A., Cristina M., Obreja D. *Supravegherea stării de sănătate a populației din jurul obiectivelor nucleare majore*. Sănătatea publică în relație cu radiațiile ionizante, 2012; 146, 20.
5. Moldovan M. *Polimorfismul clinic al maladiilor și particularitățile imuno-genetice la participanții lichidării consecințelor accidentului de la Cernobîl*. Autoreferatul tezei de doctor în științe medicale, Chișinău, 2001, 23 p.
6. Ostrofeț Gh., Bahnarel I., Coretchi L. ș.a. *Igiena radiațiilor*. Manual, Chișinău, 2009, 399 p.
7. Popescu F.S., Calugareanu L.D. *Supravegherea medicală specială a lucrătorilor expuși profesional la radiații ionizante*. Ghid. <http://www.insp.gov.ro/cnmrmc/images/ghiduri/Ghid-Radiatii-Ionizante> (accesat 20.03.2017).
8. Tintiuc D., Grejdeanu T., Margine L., Raevschi E., Lavric A., Margine L. *Accidentele nucleare – impact asupra sănătății populației*. Anale științifice USMF „N. Testemițanu”, 2011, 2: 191-197.
9. Tintiuc D., Margine L., Lavric A. *Starea de sănătate a persoanelor participante la lucrările de lichidare a consecințelor catastrofei nucleare de la Cernobîl*. Materialele conferinței științifice internaționale. Chișinău, 2010, 339.
10. Coretchi L., Bahnarel I. *Medical and biological aspects of the Chernobyl nuclear accident: influence on the population of the Republic of Moldova*. Optimization of disaster forecasting and prevention measures in the context of human and social dynamics. NATO Science for peace and Security Series E: Human and Societal Dynamics – IOS Press Amsterdam- Berlin- Tokyo- Washington, 2009; 52: 226-237.
11. Margine L. *Consecințele de sănătate ale accidentului nuclear Cernobîl: deficiențe, incapacități, invaliditate (la persoanele care au participat la lichidarea catastrofei de la Centrala Nucleară Electrică de la Cernobîl)*. Chișinău, 2006; 11, 24, 46, 60, 79.
12. Matthews J.D. et al. *Cancer risk in 680000 people exposed to computed tomography scans in childhood or adolescence: data linkage study of 11 million Australians*. BMJ, 2013, 346:f2360, <http://www.bmj.com/content/346/bmj.f2360> (accesat 06.02.2017).
13. Miglioretti D.L. et al. *The use of computed tomography in pediatrics and the associated radiation exposure and estimated cancer risk*. JAMA Pediatrics, 2013, 167(8): 700-707. doi:10.1001/jamapediatrics.2013.311. <http://archpedi.jamanetwork.com/article.aspx?articleid=1696279> (accesat 06.02.2017).

14. Sterpone S., Cornetta T., Padua L. et al. *DNA repair capacity and acute radiotherapy adverse effects in Italian breast cancer patients*. Mutation Research, 2010; 684(1-2): 43–48.

15. UNSCEAR 2013 Report. *Sources, effects and risks of ionizing radiation*. Volume II: Scientific Annex B: Effects of radiation exposure of children. UNSCEAR 2013 Report. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. New York: United Nations.

16. <http://www.world-nuclear.org/information-library/safety-and-security/radiation-and-health/nuclear-radiation-and-health-effects.aspx>, (accesat 27.03.2017).

17. Алексанин С.С. *30 лет после Чернобыля: патогенетические механизмы формирования соматической патологии, опыт медицинского сопровождения участников ликвидации последствий аварии на черновыльской атомной электростанции*, Монография, Санкт-Петербург, 2016, 506 (9).